

## Assembly component having a force sensor

**Patent number:** DE69311479T  
**Publication date:** 1997-12-04  
**Inventor:** BRAS SERGE [FR]  
**Applicant:** BRAS SERGE [FR]  
**Classification:**  
- **International:** G01L5/24; F16B31/02  
- **European:** G01L5/24  
**Application number:** DE19936011479T 19930921  
**Priority number(s):** FR19920011459 19920925

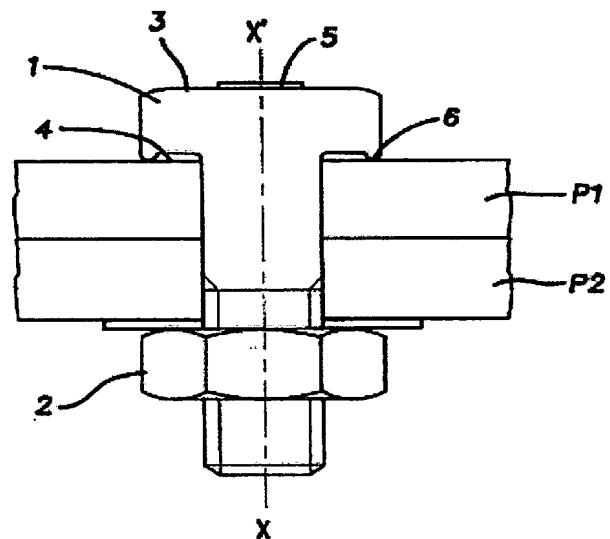
**Also published as:**

EP0589778 (A1)  
US5437525 (A1)  
JP6200913 (A)  
FR2696215 (A1)  
BR9303897 (A)

more >>

Abstract not available for DE69311479T  
Abstract of corresponding document: **US5437525**

A force sensor for measuring tightening tension applied to an assembly component having first and second faces and an axis of symmetry includes a ceramic support layer having a mounting side to be secured to the first face and an exposed side carrying a piezoresistive layer having a resistance that varies in response to its deformation. The force sensor may comprise a central metallic layer and an annular metallic layer joined by the piezoresistive layer or at least two separate sensors having angularly disposed longitudinal axes. A machine for tightening the assembly component includes a motor driven socket for torquing the component in accordance with a sensed tightening tension.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



CORRESP. US 5, 437, 525

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑧7 EP 0 589 778 B1

⑩ DE 693 11 479 T 2

⑤1 Int. Cl. 6:  
G 01 L 5/24  
F 16 B 31/02

②

- |    |   |              |
|----|---|--------------|
| ②1 | Deutsches Aktenzeichen:                               | 693 11 479.7 |
| ⑧6 | Europäisches Aktenzeichen:                            | 93 402 304.5 |
| ⑧6 | Europäischer Anmeldetag:                              | 21. 9. 93    |
| ⑧7 | Erstveröffentlichung durch das EPA:                   | 30. 3. 94    |
| ⑧7 | Veröffentlichungstag<br>der Patenterteilung beim EPA: | 11. 6. 97    |
| ④7 | Veröffentlichungstag im Patentblatt:                  | 4. 12. 97    |

DE 693 11 479 T 2

③0 Unionspriorität:

9211459 25.09.92 FR

⑦3 Patentinhaber:

Bras, Sergé, Yerres, FR

⑦4 Vertreter:

PFENNING MEINIG & PARTNER, 80336 München

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU,  
MC, NL, PT, SE

⑦2 Erfinder:

gleich Anmelder

⑤4 Montageteil und Maschine mit einem solchen Teil

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 693 11 479 T 2

1

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf Verbindungselemente, wie Schrauben, Niete, Muttern, oder auf Unterlegscheiben, auf Spannstäbe oder auf Spannglieder, insbesondere Seilspanner und sonstige vergleichbare Elemente, die, wenn sie zum Verbinden von zwei Teilen verwendet werden, einer Anpreßkraft ausgesetzt sind.
- 10 Ein in der Erfindung vorgesehenes Verbindungselement kann eine Symmetrieachse und zwei einander gegenüberstehende Stirnflächen aufweisen. Die Erfindung betrifft ferner die Verbindungsverfahren und -vorrichtungen; letzterer Begriff umfaßt Vorrichtungen zur Kontrolle der Spannung in Verbindungen sowie hand-
- 15 bedienten Werkzeuge.

Die bislang angewandten Verfahren zum Messen der Anpreßkraft von zwei Teilen, die durch ein Verbindungselement verbunden sind, arbeiten entweder mit der Messung des Anziehdrehmoments, der Messung des Spann winkels, der gleichzeitigen Messung von Anziehdrehmoment und Spann winkel, gegebenenfalls verbunden mit einer Beendigung des Anziehvorgangs an der Elastizitätsgrenze. Alle diese Verfahren verzichten auf eine unmittelbare Messung der Druckkraft oder der Anpreßkraft zugunsten der Bestimmung sekundärer Parameter, aus denen man auf diese Anpreßkraft rück-

20 schließen zu können hofft. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß die Beziehung zwischen diesen Parametern und der Anpreßkraft nicht reproduzierbar ist, so daß die Messungen verfälscht werden.

30

In EP-A-381791 und US-A-4.294.122 wird ein Ultraschallmeßverfahren für Schaftschrauben mit Kopf beschrieben. Ein auf den Kopf geklebter piezoelektrischer Aufnehmer vermag die von dem freien Schaftende reflektierten Ultraschallwellen aufzunehmen, das zu diesem Zweck eben sein und senkrecht zu der Symmetrie-

35 achse stehen muß. Die Verzögerung der Welle entspricht der Verlängerung des Schafts. Dieses komplizierte Verfahren ermöglicht keine sicheren Messungen.

1 GB-B-1315702 beschreibt ein Meßverfahren, bei dem ein elektro-  
magnetisches Gerät auf dem Schraubenkopf angebracht wird. Die-  
ses Verfahren ermöglicht die Messung der Biegeverformung des  
Kopfs. Es ermöglicht nicht die Messung einer radialen Verfor-  
5 mung (senkrecht zur Achse) durch Druck oder Zug, weil das Gerät  
sich in dieser Richtung gleitend verschieben kann. Da der Auf-  
nehmer nicht auf den Schraubenkopf geklebt ist, treten bei der  
zum Anziehen erforderlichen Drehung Signalinstabilitäten auf  
und schließen eine Steuerung oder Regelung aus. Die geringste  
10 Staubablagerung zwischen dem Aufnehmer und dem Schraubenkopf  
verändert die Meßbedingungen und führt zu fehlerhaften Ergeb-  
nissen. Das Verfahren arbeitet nicht bei unmagnetischen Werk-  
stoffen. Außerdem erfordert das Gerät viel Platz und ist kost-  
spielig. Ein derartiges Gerät kann kaum an einem einzelnen  
15 Verbindungselement vorgesehen und mit diesem verkauft werden.

Die Erfindung vermeidet diese Nachteile durch ein Verbindungs-  
element, welches, preiswert, raumsparend und leicht bedienbar  
wie es ist, es ermöglicht, insbesondere dank einer erfindungs-  
20 gemäßen Vorrichtung, genau und gut reproduzierbar einen Para-  
meter zu messen, der in höherem Maße repräsentativ für die  
tatsächliche Anpreßkraft ist und geringeren Abweichungen unter-  
liegt.

25 Das erfindungsgemäße Verbindungselement weist zwei einander ge-  
genüberliegende Stirnflächen auf, wobei ein Kraftaufnehmer auf  
der ersten Fläche des Elements angebracht ist, der vorzugsweise  
die gleiche Symmetrieachse aufweist wie jenes. In der vorlie-  
genden Beschreibung soll unter Symmetrieachse auch eine Repeti-  
30 tionsachse verstanden werden, die den Ausgangsaufbau durch eine  
Drehung irgendeiner Ecke wiedergibt. Gemäß der Erfindung ist  
der Aufnehmer durch Kleben oder Löten auf der ersten Fläche  
befestigt, und auf der zweiten Fläche sind feste Auflagemittel  
des Elements vorgesehen. So verformt sich beispielsweise bei  
35 einem Anziehvorgang die erste Seite des Elements in gut repro-  
duzierbarer Weise in Abhängigkeit von der Kraft, beispielsweise  
der Anpreßkraft, so daß der darauf befestigte Aufnehmer durch  
Biegung verformt wird, und liefert außerdem, je nach seiner

1 Positionierung auf radialen Druck oder Zug, d.h. senkrecht zu der etwaigen Symmetrieachse, eine sehr repräsentative Aussage über die Anpreßkraft.

5 Als Abstützeinrichtung können mindestens drei rundliche Höcker auf der zweiten Fläche des Teils vorgesehen werden. Ebenso gut kann dazu eine vorzugsweise ringförmige Rippe vorgesehen werden, die gegebenenfalls in mehrere Bogenstücke unterteilt sein kann. Diese Rippe stellt einen bezüglich der Achse gut  
10 definierten Auflagepunkt der aufeinanderzupressenden Teile dar und gewährleistet somit die Reproduzierbarkeit der gewonnenen Ergebnisse.

Die Abstützeinrichtung kann aber auch in der Weise verwirklicht  
15 werden, daß die zweite Fläche feingeschliffen wird oder daß sie zumindest teilweise zu der Symmetrieachse hin gegen die erste Fläche weniger als  $3^\circ$  schräggestellt ist, so daß eine Klemmkegelwirkung eintritt, wenn das Element sich über diese zweite Fläche an einem zu fixierenden Teil abstützt.

20 Vorzugsweise besteht der Kraftaufnehmer aus einem Keramikträger, auf dessen einer Fläche eine zentrale Metallschicht und eine ringförmige Metallschicht abgeschieden sind, die miteinander durch eine auf Verformung ansprechende und elektrisch  
25 leitende Schicht, insbesondere eine piezoresistive Schicht, verbunden sind. Man erhält dadurch ein elektrisches Signal, das leicht zu verarbeiten und in ein Signal zu überführen ist, das repräsentativ ist für die Anpreßkraft. Der Aufnehmer kann aber vorteilhafterweise auch als piezoelektrischer Aufnehmer  
30 ausgeführt sein und beispielsweise aus einer Scheibe aus piezoelektrischem Material (Bariumtitanat, Bleizirkonat, Quarz usw.) bestehen, die zur Bildung von elektrischen Kontakten beiderseits metallisiert ist.

35 Unabhängig davon betrifft die Erfindung ein Verbindungselement mit zwei Stirnflächen, wobei ein Kraftaufnehmer auf der ersten Fläche des Elements angebracht ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftaufnehmer aus einem Keramikteil besteht, auf dessen

1 einer Seite eine zentrale Metallschicht sowie eine ringförmige  
Metallschicht abgeschieden sind, die verbunden sind durch eine  
auf Verformung ansprechende und elektrisch leitende Schicht,  
insbesondere eine piezoresistive Schicht.

5

In einer verbesserten Ausführung, mit der Hysteresewirkungen  
vermieden werden können und somit eine gute Reproduzierbarkeit  
gewährleistet wird, ist der Elastizitätsmodul des den Träger  
bildenden Keramikteils niedriger als der des Verbindungsele-  
10 ments. Bei der Verformung des Verbindungselements paßt sich  
der Keramikträger der Verformung des Teils an, statt ihm eine  
störende plastische Verformung zu erteilen. So sieht die Er-  
findung insbesondere einen Kraftaufnehmer vor, bei dem der  
Elastizitätsmodul der Keramik unter 200 GPa liegt, insbesondere  
15 unter 150 GPa oder sogar unter 100 GPa.

Um sich noch besser vor Ungleichmäßigkeiten der Einwirkungen  
auf die Rippe zu schützen, ist es vorteilhaft, wenn der Kraft-  
aufnehmer kreisförmig ausgebildet ist. Daraus ergibt sich eine  
20 Kompensation der Abweichungen zwischen den Kräften und eine  
Vereinfachung der nachfolgenden Rechen- und Meßschaltung für  
die Anpreßkraft.

Der Kraftaufnehmer kann aber auch aus mindestens zwei Einzel-  
25 aufnehmern bestehen, deren Längsachsen miteinander einen Winkel  
einschließen. Ausgehend von den von jedem dieser Einzelaufneh-  
mer gelieferten Signalen kann man mittels einer nachfolgenden  
geeigneten Rechen- und Meßschaltung die Anpreßkraft einwandfrei  
messen.

30

Die Erfindung sieht außerdem ein Verfahren zum Verbinden von  
zwei Teilen mit Hilfe eines Verbindungselements vor, das eine  
Symmetrieachse besitzt, wobei die Anpreßkraft bestimmt wird,  
indem eine Verformung mit Hilfe eines Kraftaufnehmers gemessen  
35 wird, dadurch gekennzeichnet, daß vorgesehen ist, den Aufnehmer  
auf dem Verbindungselement durch Kleben oder Löten zu befesti-  
gen und die Verformung des Aufnehmers zu messen. Durch Messen  
der Verformung des Aufnehmers, der sich an eine Stirnfläche des

1 Elements anpaßt, und nicht mehr die Verformung des Elements mit  
Hilfe eines Aufnehmers, werden alle Verformungen des Aufnehmers  
und damit des Elements berücksichtigt und insbesondere die ra-  
diale Verschiebung des Aufnehmers zuzüglich seiner Verformung  
5 durch Biegen, so daß die Messung sicherer und gut reproduzier-  
bar ist.

Die Erfindung sieht außerdem ein einen Schaft mit darauf be-  
findlichem Kopf aufweisendes Verbindungselement vor, bei wel-  
10 chem die genannten ersten und zweiten Flächen an dem Kopf aus-  
gebildet sind und bei welchem das freie Ende des Schafts weder  
streng senkrecht zu der Symmetrieachse verläuft noch streng  
zentriert ist, wie das für ein Ultraschall-Meßverfahren erfor-  
derlich wäre, sondern rauh geschnitten oder gestaucht ist.

15 Schließlich sieht die Erfindung eine Vorrichtung zum Verbinden  
zweier oder mehrerer Teile mit Hilfe eines Verbindungselements  
der obengenannten Art vor. Diese Vorrichtung umfaßt eine Büch-  
se, die das Verbindungselement umschließen soll und die mit  
20 zwei ersten elektrischen Kontakten ausgestattet ist, die so  
angeordnet sind, daß sie mit der zentralen Metallschicht bzw.  
der ringförmigen Metallschicht in Kontaktberührung kommen, und  
an die eine Meßkette angeschlossen ist, die unter der Wirkung  
der Anpreßkraft, die auf die beiden Teile einwirkt, ein von der  
25 Verformung des Aufnehmers abhängiges Signal liefert.

Nach einer für eine Schraubverbindung besonders wichtigen Aus-  
führungsform besitzt die Rechen- und Meßschaltung einen Drehmo-  
mentaufnehmerkreis, der dazu dient, das Signal des Störsignals  
30 zu korrigieren, das von dem durch einen Spannschlüssel bei dem  
Verbinden der beiden Teile auf das Verbindungselement ausgeüb-  
tes Drehmoment hervorgerufen wird. Dabei läßt sich überraschen-  
derweise feststellen, daß das von einem Spannschlüssel zuge-  
führte Drehmoment an die Vorrichtung ein Störsignal liefert,  
35 das zweckmäßigerweise beseitigt wird.

Um dem Einfluß von Übergangswiderständen vorzubeugen, ist eine  
Stromquelle vorgesehen, die durch zwei zusätzliche Kontakte



1 neben den ersten Kontakten zwischen die zentrale Metallschicht  
und die ringförmige Metallschicht geschaltet ist.

Die Meßschaltung kann einen Steuerkreis für den Drehmoment-  
5 schlüssel aufweisen, der dessen Drehung unterbricht, wenn bei-  
spielsweise die geforderte Anpreßkraft erreicht ist. Damit  
können nun Schrauben, Nieten, Muttern und dergleichen mit einer  
vorgeschriebenen Anpreßkraft in gut reproduzierbarer Weise an-  
gezogen oder Spannglieder oder Anker gespannt werden.

10

Es ist unbedingt zu empfehlen, den Aufnehmer auf das Verbin-  
dungselement zu kleben, man kann ihn aber auch durch Abschei-  
dung erzeugen. Ein Verfahren zur Herstellung eines Aufnehmers  
gemäß der Erfindung sieht vor, zunächst durch Siebdruck die  
15 Kontakte auf das Substrat aufzubringen, beispielsweise mit  
einer Silber-Palladium-Paste, in einem Ofen zu trocknen, dann  
ungefähr 10 min lang bei 850 °C zu härten. Wenn die Substrate  
abgekühlt sind, wird durch Siebdruck der resistive Teil des  
Aufnehmers aufgebracht, dann wird getrocknet und etwa 10 min  
20 lang bei 850 °C gehärtet.

In der Zeichnung, die die Erfindung nur beispielsweise erläu-  
tert, stellen dar:

25 Fig.1: eine Vorderansicht einer Verbindung, bei der ein er-  
findungsgemäßes Verbindungselement verwendet ist,

Fig.2: einen Schnitt durch einen Kraftaufnehmer, der auf ein  
erfindungsgemäßes Verbindungselement geklebt ist,

Fig.3: eine Draufsicht auf eine abgeänderte Ausführungsform  
30 des Kraftaufnehmers,

Fig.4: eine Schemazeichnung einer erfindungsgemäßen Vorrich-  
tung, und

Fig.5: ein elektrisches Schaltschema einer abgeänderten Form  
einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

35 Fig.6 zeigt eine Draufsicht auf eine abgeänderte Form des  
Kraftaufnehmers;

Figuren 7 und 8 sind schematische Darstellungen zweier er-  
findungsgemäßer Verbindungselemente.

1 Nach Fig.1 sind zwei Teile P1 und P2 (oder zwei Abschnitte  
 ein und desselben Teils) mit parallelen Seitenflächen zwischen  
 einer Schraube 1 und einer Mutter 2 mit gemeinsamer Symmetrie-  
 achse X, X' zusammengedrückt. Die Schraube besteht aus Aubert-  
 5 und-Duval-Stahl V300 folgender Zusammensetzung (in Gewichtspro-  
 zent): 0,45 Co, 1,48 Si, 0,68 Mn, 0,65 Cr und 0,24 Mo,  
 Rest: Eisen. Dieser vergütete Stahl hat eine Festigkeit von  
 1800 N/mm<sup>2</sup> und einen Elastizitätsmodul von 210 GPa. Der Schrau-  
 benkopf besitzt eine Oberseite 3 und eine Unterseite 4, die im  
 10 wesentlichen senkrecht zu der Achse X, X' liegen und voneinan-  
 der abgewandt sind. Ein symmetrisch ausgebildeter Kraftaufneh-  
 mer 5 ist auf die Oberseite 3 geklebt und liegt symmetrisch zu  
 der Achse X, X'. Der Kleber von weniger als 1 µm Dicke ist ein  
 Epoxidharzkleber, geliefert von Epotechny, 10 Impasse Latécoère,  
 15 78140 Vélizy, unter der Bezeichnung EPO-TEK 353 NO. Auf der  
 Unterseite 4 ist eine kreisförmige runde Rippe 6 ausgebildet.

Fig. 2 zeigt den Kraftaufnehmer 5 in seinen Einzelheiten. Er  
 ist mit einer Kleberschicht 7 auf die Seite 3 geklebt und be-  
 20 steht aus einem Träger 8 aus Keramikmaterial mit einem Elasti-  
 zitätsmodul von 125 GPa. Auf die Seite des Trägers 8, die der  
 Seite abgewandt ist, mit der er an der Kleberschicht anliegt,  
 sind durch Siebdruck eine zentrale Metallschicht 9 und eine  
 ringförmige Metallschicht 10 aufgebracht, die miteinander durch  
 25 eine piezoresistive Schicht 11 verbunden sind. Der Kraftauf-  
 nehmer hat Kreisform. Bei einer billigeren Ausführungsvariante  
 bestehen die Kontakte aus einem zentralen Plättchen und einem  
 ringförmigen Teil, die durch zahlreiche Radialstreifen mitein-  
 ander verbunden sind.

30

Nach Fig.3 hat der Kraftaufnehmer ebenfalls Ringform, und auf  
 seiner einen Seite sind zwei Einzelaufnehmer 12, 13 vorgesehen,  
 deren Längsachsen senkrecht aufeinander stehen. Die Länge der  
 Aufnehmer 12 und 13 ist gering gegenüber den Radien des Schrau-  
 35 benkopfs und beträgt beispielsweise weniger als ein Zehntel des  
 Schraubenradius.

- 1 Nach Fig.6 hat der Kraftaufnehmer 5 die Form einer Spirale, die  
 von der Mitte aus im Uhrzeigersinn verläuft. Diese Form gestat-  
 tet zumindest teilweise, die Wirkung des Störsignals zu korri-  
 gieren, das von dem im Uhrzeigersinn geführten Spannschlüssel  
 5 ausgeht.

Die in Fig.4 schematisch dargestellte Vorrichtung weist eine  
 Büchse 14 auf, die das Verbindungselement 1 umfassen soll und  
 mit zwei ersten elektrischen Kontakten 15 bzw. 16 ausgestattet  
 10 ist, die so angeordnet sind, daß sie mit der zentralen Metall-  
 schicht 9 bzw. der ringförmigen Metallschicht 10 Kontakt geben.  
 Zwischen diesen Kontakten liegt eine Rechen- und Meßschaltung  
 17, die ein Signal in Abhängigkeit von der Verformung des  
 Kraftaufnehmers unter dem Einfluß der Anpreßkraft abgibt, der  
 15 die beiden Teile P1, P2 ausgesetzt sind.

Zwischen der Schaltung 17 und den Kontakten 15, 16 liegt ein  
 Schaltkreis 18 zur Drehmomentaufnahme, der dazu dient, das Si-  
 gnal des der Meßschaltung 17 zugeführten Störsignals, das durch  
 20 das von einem Spannschlüssel auf das Verbindungsstück bei dem  
 Verbinden der beiden Teile P1, P2 ausgeübte Drehmoment hervor-  
 gerufen wird, zu korrigieren. Der Schlüssel kann die Büchse 14  
 sein oder ein auf die Mutter 2 gesetzter besonderer Schlüssel,  
 wobei die Halte- und Meßbüchse 14 jedoch immer vorhanden ist.

25 Ein Getriebemotor 19 treibt über Kegelräder 20 die Büchse 14  
 so an, daß die Schraube 1 in Drehung versetzt wird. Die Meß-  
 schaltung 17 weist außerdem einen Steuerkreis 21 auf, der den  
 Getriebemotor 19 so steuert, daß er die Drehung der als Spann-  
 30 schlüssel arbeitenden Büchse 14 unterbricht, wenn die geforder-  
 te Anpreßkraft erreicht ist. Die gemessene Anpreßkraft kann  
 der Bedienungsperson durch ein akustisches, visuelles oder son-  
 stiges Interface erkennbar gemacht werden.

35 Nach Fig.5 ist der Kraftaufnehmer 5 durch die Kontakte 15 und  
 16 ständig mit der Schaltung 17 verbunden, ist aber außerdem  
 durch Kontakte 22 und 23 einerseits an eine geregelte Strom-  
 quelle 24 und andererseits an das Nullpotenial des Meßsystems

1 angeschlossen. Infolgedessen beeinflusst ein zufälliger Übergangswiderstand bei 22, 23 nicht das von dem Kraftaufnehmer an die Meßschaltung 17 abgegebene Signal.

5 Nach Fig.7 werden die Abstützmittel dadurch gewonnen, daß die zweite Fläche 4 um  $1^\circ$  von außen her in Richtung auf die Achse XX' geneigt ist und sich dabei der ersten Fläche 3 nähert, auf welcher sich der Aufnehmer 5 befindet. In der Figur ist die Neigung stark übertrieben wiedergegeben.

10 Die in Fig.8 dargestellte Verbindung zeigt einen Schaft 30 mit aufgesetztem Kopf 31. Das freie Ende 32 des Schafts ist nicht eben sondern zeigt Schnittrauhigkeit. Auf die Unterseite 33 des Kopfs 31 ist ein ringförmiger Kraftaufnehmer 34 geklebt.  
15 Beim Eindrehen der Schraube wird der Aufnehmer 34 durch Zug in radialer Richtung verformt.

20

25

30

35

PATENTANSPRÜCHE

1. Verbindungselement mit einer Symmetrieachse und zwei Stirnflächen (3,4), einem Kraftaufnehmer (5), der an der ersten Stirnfläche des Elements angebracht ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftaufnehmer von einem Träger (8) aus Keramik gebildet wird, auf dessen einer Seite eine zentrale Metallschicht (9) und eine ringförmige Metallschicht (10) abgeschieden sind, die miteinander durch eine auf Formänderung ansprechende und elektrisch leitende Schicht (11) verbunden sind.

2. Element nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Elastizitätsmodul der die Unterlage (8) bildenden Keramik niedriger ist als der des Verbindungselements.

3. Element nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Elastizitätsmodul der Keramik niedriger ist als 200 GPa.

4. Element nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer eine spiralförmig gewundene piezoresistive Schicht (11) aufweist.

5. Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftaufnehmer aus mindestens zwei einzelnen Aufnehmern (12,13) zusammengesetzt ist, deren Längsachsen einen Winkel miteinander einschließen.

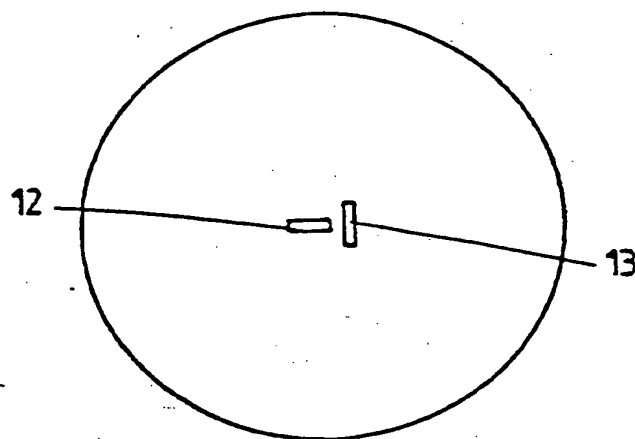
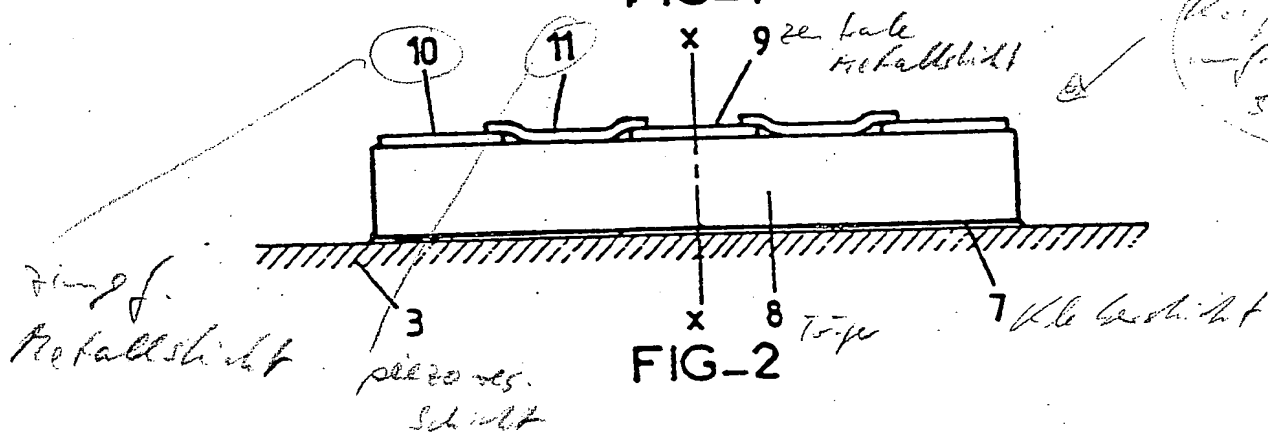
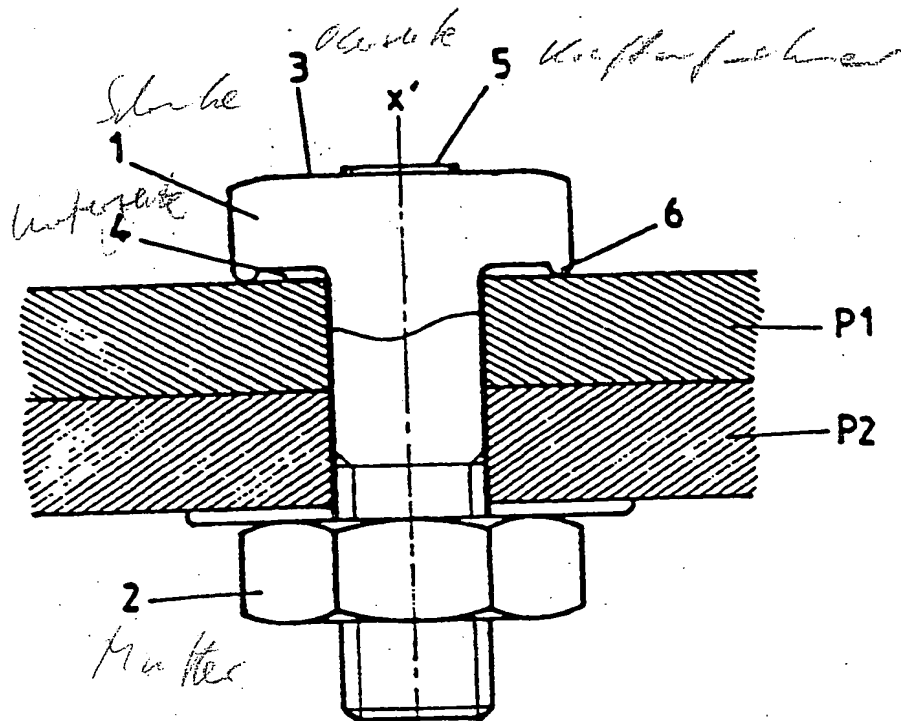
1        6.    Vorrichtung zum Verbinden zweier Teile (P1, P2) mit  
Hilfe eines Verbindungselements (1) nach den Ansprüchen 1 bis  
5, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Büchse (14) aufweist,  
die das Verbindungselement (1) umschließen soll und die mit  
5    zwei ersten elektrischen Kontakten (15 bzw. 16) versehen ist,  
die so angeordnet sind, daß sie mit der zentralen Metallschicht  
(9) bzw. mit der ringförmigen Metallschicht (10) in Kontakt-  
berührung kommen können, und an die eine Meßkette (17) ange-  
geschlossen ist, die ein Signal in Abhängigkeit von der Verfor-  
10    mung des Kraftaufnehmers (5) abgibt, die dieser unter der Wir-  
kung der Anpreßkraft erfährt, der die beiden Teile (P1, P2)  
ausgesetzt sind.

15        7.    Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Meßkette (17) einen Drehmomentaufnehmerkreis (18) auf-  
weist, der dazu dient, das Signal des Störsignals zu korrigie-  
ren, das von dem durch einen Spannschlüssel bei dem Verbinden  
der beiden Teile (P1, P2) auf das Verbindungselement ausgeübten  
Drehmoment hervorgerufen wird.

20        8.    Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, gekennzeichnet  
durch eine Stromquelle (24), die an die zentrale Metallschicht  
(9) und die ringförmige Metallschicht (10) durch zwei von den  
ersten Kontakten (15,16) verschiedene zweite Kontakte (22,23)  
25    angeschlossen ist.

30        9.    Vorrichtung nach Anspruch 6, 7 oder 8, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die Meßkette eine Steuerschaltung (21) für den  
Spannschlüssel enthält, die dessen Drehung unterbricht, wenn  
die geforderte Anpreßkraft erreicht ist.

0589778



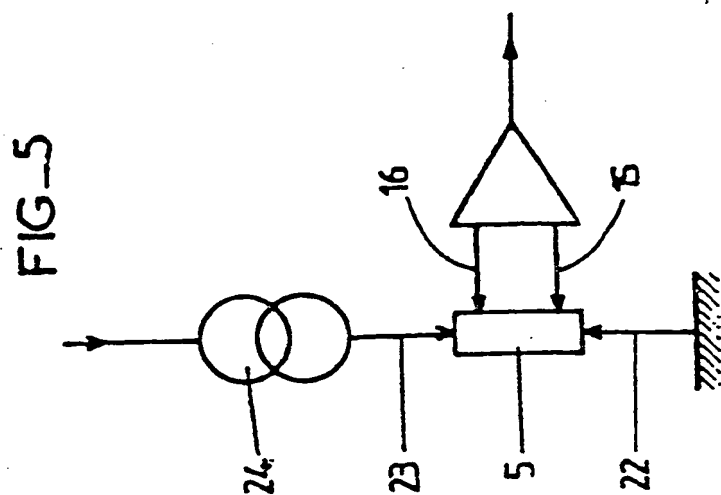
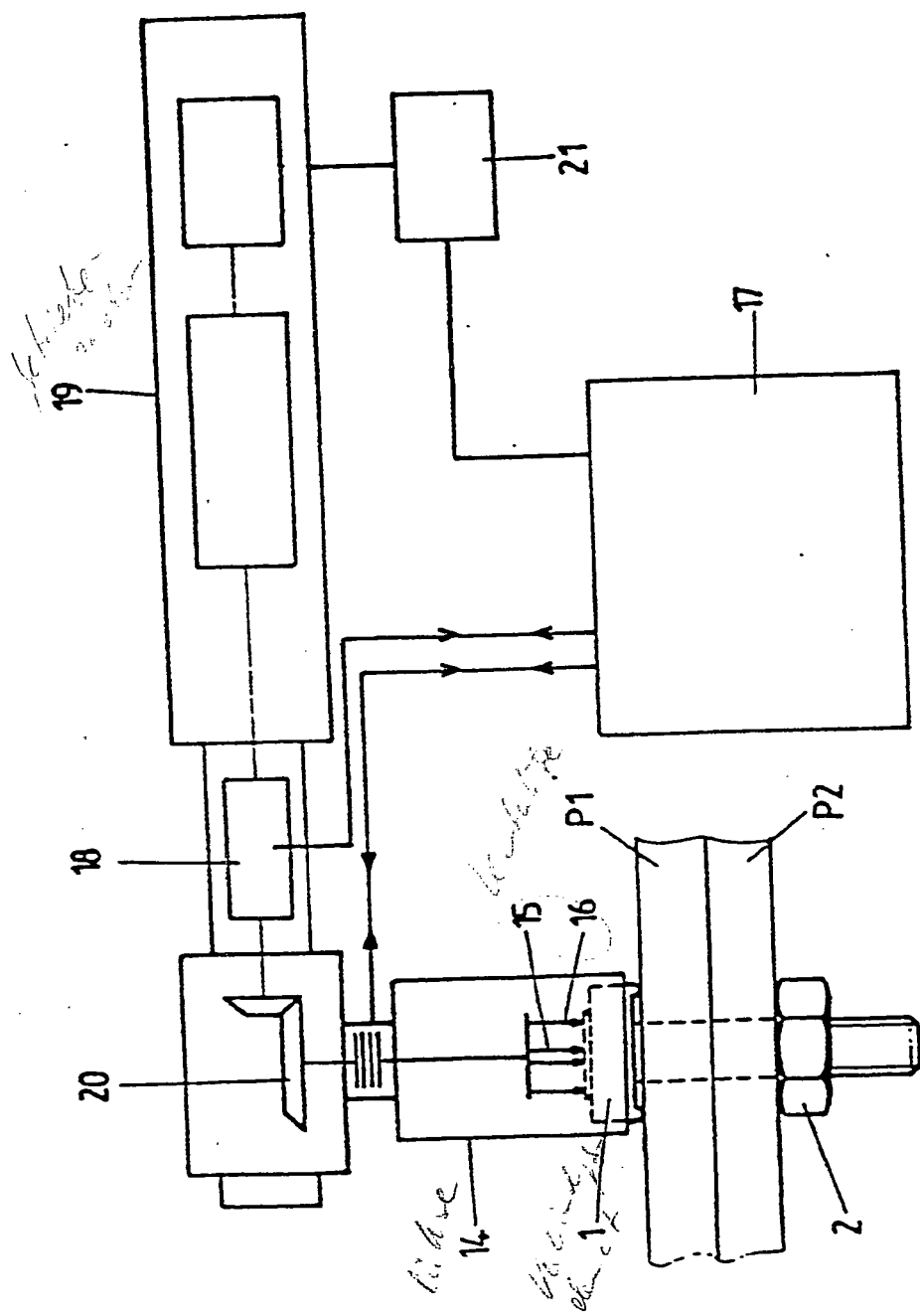




FIG-6

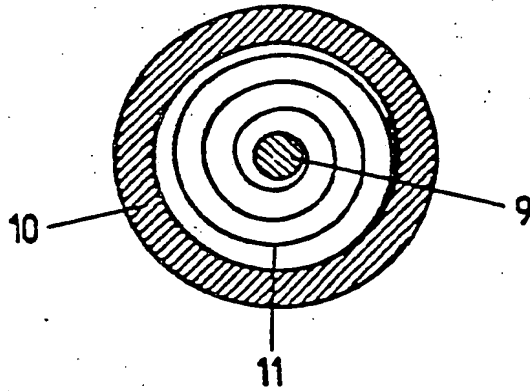


FIG-8

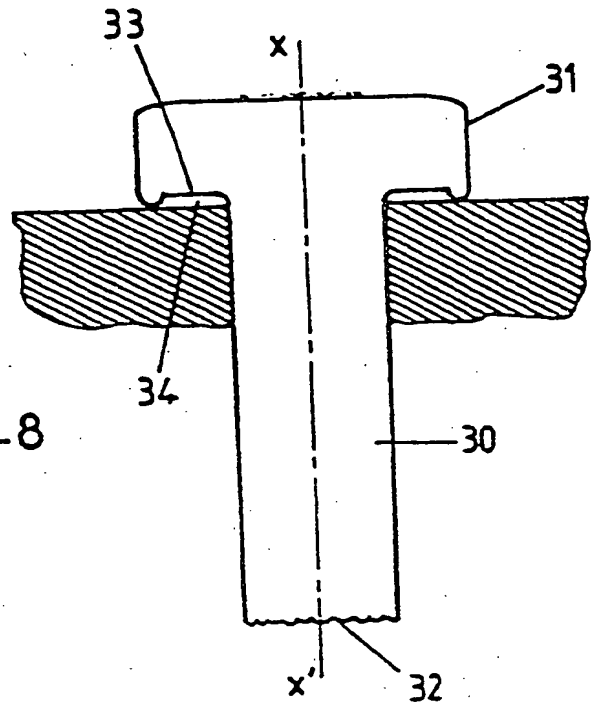
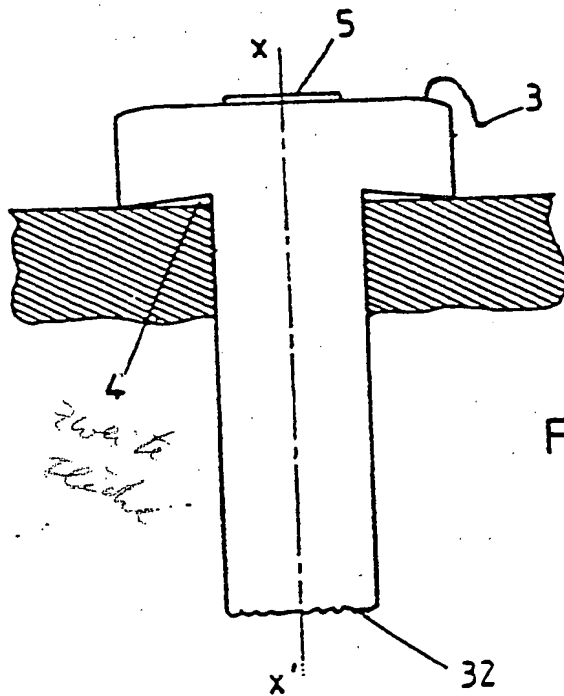


FIG-7



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**